

Jan Majchrowicz

BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI BETONU NA ROZCIĄGANIE W WYSOKICH TEMPERATURACH

Streszczenie. Wykonano porównawcze badanie wytrzymałości betonu na rozciąganie metodą bezpośrednią i brazylijską w temperaturze + 20°C i 600°C. Stwierdzono, że spadek wytrzymałości, wyrażony w procentach, był dla obu metod taki sam.

1. Wstęp

Badania wytrzymałości betonu na rozciąganie w wysokich temperaturach przeprowadzane są rzadko [1]. Wobec braku odpowiednich danych doświadczalnych, w publikacjach poświęconych obliczaniu konstrukcji betonowych narażonych na wysokie temperatury zaleca się - dla betonów żaroodpornych, przyjmowanie wytrzymałości trwałej na rozciąganie jako części (zwykle 1/10) wytrzymałości trwałej na ściskanie przy zginaniu. Takie postępowanie nie wydaje się jednak dostatecznie uzasadnione. Wprawdzie prawie wszyscy badacze są zgodni co do tego, że wytrzymałość betonu na ściskanie zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury do około 300°C, ale nie musi to pociągać za sobą równoczesnego przyrostu wytrzymałości na rozciąganie. Np. Budnikov [2] stwierdził na 3-miesięcznych próbkach ósemkach, wykonanych z 4 rodzajów cementu, spadek tej wytrzymałości już od 100°C. Według Zoldnersa [3] wyraźny spadek wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu zaczyna się jeszcze wcześniej. Na próbkach wykonanych na kruszywie ze spienionego żużla stwierdził on w temperaturze 300°C obniżenie wytrzymałości o 66% w stosunku do wartości w temperaturze 20°C, podczas gdy wg [4] wzrasta ona w tej temp. o 12%.

Wobec tak poważnych rozbieżności, zaplanowano badania kontrolne celem stwierdzenia, czy łatwe w praktyce określenie "gorącej" wytrzymałości na rozciąganie metodą brazylijską jest uzasadnione. Stosowanie tej metody w wysokich temperaturach nasuwało bowiem pewne wątpliwości: silne uplastycznienie betonu nagrzanego mogło ograniczyć zakres stosowalności sposobu wykorzystującego pracę odkształceń sprężystych.

2. Badania własne

Polegały one na równoczesnym określeniu wytrzymałości na rozciąganie dwiema metodami: bezpośrednią i brazylijską na próbkach sześciennych, w temperaturze normalnej i w temperaturze $+ 600^{\circ}\text{C}$.

Do rozciągania bezpośredniego użyto maszyny konstrukcji Warda [5], w której siły rozciągające przenoszone są na poszerzone końce pryzmatycznej próbki przy pomocy samozaciskającego się układu chwytakowego. Wymiary części pomiarowej - $7,5 \times 10 \times 30$ cm.

• W metodzie pośredniej użyto próbek sześciennych o wymiarach $5 \times 10 \times 10$ cm, które ściskano w 10-tonowej prasie Amslera między podkładkami stalowymi o szerokości 5 mm. Stykające się powierzchnie były płaskie w granicach $0,01$ mm.

Rejestrację sił prowadzono w przypadku rozciągania bezpośredniego automatycznie, przy pomocy liniowego przetwornika ciśnienia Bell and Howell i rejestratora Peckel. Temperaturę kontrolowano przy pomocy termopar chromel-alumel, podłączonych do miernika Cambridge. Próbki ogrzewano z 2 stron przy pomocy specjalnie wykonanych płyt grzewczych, składających się z drutu chromoniklowego w rurkach sillimanitowych na podstawach azbestowych. Dopływ prądu regulowano transformatorem tak, aby przyrost temperatury wynosił $250^{\circ}\text{C}/\text{godz}$.

Próbki wykonano przy użyciu normalnego cementu portlandzkiego i kruszywa łamanego magmowego. Po 28 dniach kąpieli wodnej przechowywano je przez 3 miesiące w warunkach powietrzno-suchych. Próbki sześciennie uzyskano przez pocięcie piłą tarczową beleczek o wymiarach $10 \times 10 \times 50$ cm i wygładzenie powierzchni cięcia na szlifierce ze ściernicą diamentową.

3. Wyniki badań

Podane niżej wartości wytrzymałości są średnimi arytmetycznymi, oznaczonymi z 6 sztuk próbek każda. Przy opracowaniu wyników badań metodą brazylijską posłużono się wzorem $R = \frac{2P}{A \cdot 1.6}$.

Rozciąganie bezpośrednie, temperatura + 20°C:

$$R_{r20} = 31,8 \text{ kg/cm}^2, \text{ współczynnik zmienności } \nu = 6,15\%$$

Rozciąganie bezpośrednie, temperatura + 600°C:

$$R_{r600} = 10,8 \text{ kg/cm}^2, \text{ współczynnik zmienności } \nu = 14,25\%$$

Rozciąganie metodą brazylijską, temperatura + 20°C:

$$R_{rb20} = 54,1 \text{ kg/cm}^2, \text{ współczynnik zmienności } \nu = 4,76\%$$

Rozciąganie metodą brazylijską, temperatura + 600°C:

$$R_{rb600} = 18,8 \text{ kg/cm}^2, \text{ współczynnik zmienności } \nu = 5,12\%.$$

Z porównania wyników uzyskanych obu metodami widać, że różnice pomiędzy bezwzględnymi wartościami wytrzymałości są znaczne, jednak procentowy spadek jest bardzo zbliżony:

$$\text{dla rozciągania bezpośredniego: } \frac{31,8-10,8}{31,8} = 66,1\%$$

$$\text{dla rozciągania pośredniego: } \frac{54,1-18,8}{54,1} = 65,2\%$$

Gorsza zgodność została stwierdzona dla betonu na kruszywie krzemionym - spadek wytrzymałości dla tego samego zakresu temperatur wyznaczony metodą brazylijską wynosił 82%, natomiast wyznaczony bezpośrednio - 94%. Można to jednak wytłumaczyć bardzo silnym naruszeniem struktury betonu, wywołanym przez przemianę postaciową kwarcu w temperaturze + 573°C.

Sprawa podobieństwa liczbowego wyników obu metod jest zagadnieniem odrębnym, które może być rozwiązane doświadczalnie przez dobór odpowiedniej przekładki [6] lub przez zmniejszenie objętości próbek rozciąganych bezpośrednio.

4. Wniosek

Spadek wytrzymałości na rozciąganie betonu narażonego na działanie wysokich temperatur do $+ 600^{\circ}\text{C}$ można określać wykonując badania metoda bryzyljską.

LITERATURA

1. Petzold A., Rohrs M. - Concrete for high temperatures, Elsevier, 1970, str. 126.
2. Budnikov P.P., Ilin D.Z. - Cement, 1937, str. 20.
3. Zoldners H.G., Proceedings, American Society for Testing Materials, Vol. 60, 1960, str. 1096.
4. Pruziński Z. - Konstrukcje betonowe i żelbetowe narażone na wysokie temperatury, ARKADY, 1964, str. 66.
5. Ward M.A. - The testing of concrete materials by precisely controlled uniaxial tension, Thesis presented to the University of London for the degree of Ph.D., March 1964.
6. Koyanagi W., Kobayashi S., Inoue Y., Yamamoto K. - Comparative study of the test methods for determining the tensile strength of cement mortars, Proceedings of the XIX Annual Meeting of the Japan Cement Engineering Association, str. 168.

PRÜFUNGEN DER ZUGFESTIGKEIT DES BETONS BEI HOHEN TEMPERATUREN

Z u s a m m e n f a s s u n g

Es wurden Vergleichsprüfungen der Zugfestigkeit in der Temperatur von 20°C bis 600°C bei Anwendung der brasilianischen und der direkten Methode durchgeführt. Man hat festgestellt, dass der Festigkeitsabfall bei beiden Methoden, in Prozenten dargestellt, derselbe war.

ON TESTING THE TENSILE STRENGTH OF CONCRETE AT HIGH TEMPERATURES

Summary

Comparative tests of the tensile strength of concrete at + 20°C, and + 600°C by Brazilian and direct methods have been carried out. For both methods percentage losses in strength were practically identical.

Wytrzymałość betonu na rozciąganie sprawdzono doświadczalnie, używając dwóch metod: bezpośredniej i pośredniej (brzyzojowej). Badania przeprowadzono w temperaturach +20°C i +600°C. Wyniki badań wykazały, że straty w wytrzymałości betonu na rozciąganie przy obu metodach są praktycznie identyczne.

Próbki betonu sprawdzano w temperaturach +20°C i +600°C. Wyniki badań wykazały, że straty w wytrzymałości betonu na rozciąganie przy obu metodach są praktycznie identyczne.

Wytrzymałość betonu na rozciąganie sprawdzono doświadczalnie, używając dwóch metod: bezpośredniej i pośredniej (brzyzojowej).

- 1) Wyniki badań wykazały, że straty w wytrzymałości betonu na rozciąganie przy obu metodach są praktycznie identyczne.
- 2) Wyniki badań wykazały, że straty w wytrzymałości betonu na rozciąganie przy obu metodach są praktycznie identyczne.
- 3) Wyniki badań wykazały, że straty w wytrzymałości betonu na rozciąganie przy obu metodach są praktycznie identyczne.

Próbki betonu sprawdzano w temperaturach +20°C i +600°C. Wyniki badań wykazały, że straty w wytrzymałości betonu na rozciąganie przy obu metodach są praktycznie identyczne.

Wyniki badań wykazały, że straty w wytrzymałości betonu na rozciąganie przy obu metodach są praktycznie identyczne.

Wyniki badań wykazały, że straty w wytrzymałości betonu na rozciąganie przy obu metodach są praktycznie identyczne.

Wyniki badań wykazały, że straty w wytrzymałości betonu na rozciąganie przy obu metodach są praktycznie identyczne.